مجلهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، شمارهٔ چهارم، بهار و تابستان ۱۳۸۴

دکتر سید ابوالفضل مسعودیان
دانشگاه اصفهان، گروه اقلیم‌شناسی

تأثیر انسو بر بارش ایران

چکیده:

النینیو _ نوسان جنوبی، که انسو نیز نامیده می‌شود، یکی از الگوهای پیوند از دور مهم در نیمکرهٔ جنوبی است که بر آب و هوای سراسر جهان اثر می گذارد. وضعیت جوّی نقاط مختلف سیّاره در دو فاز گرم و سرد انسو از دیدگاه دما و بارش بررسی و تفاوتهای معناداری بین آنها مشاهده شده است. با این حال پاسخ نقاط مختلف سیاره به انسو یکسان نیست و با تأخیرهای زمانی متفاوت انجام می گیرد. با این‌که در ایران نیز ارتباط بارش با انسو بررسی شده است، اما در این نوشتار معیار شناسایی ارتباط انسو با بارش ایران، آمار بلند مدت همه ایستگاههای هواسنجی و بارانسنجی از ژانویه ۱۹۵۱ تا دسامبر ۲۰۰۰بوده است و به همین دلیل انتساب نتایج به کل ایران و دستیابی به یک نتیجهٔ مکانی امکانپذیر شده است. این بررسی نشان داد که در نیم سدهٔ گذشته بارش ایران در ماههای اکتبر، نوامبر و ژوئن با انسو پیوند غیر مستقیم دارد. در ماههای اکتبر و نوامبر ماهیت این ارتباط با ماه ژوئن متفاوت است. تغییرات انسو به ترتیب ۲۵، ۱۶ و ۱۵ درصد تغییرات بارش مناطق شرقی ایران را مشخص می‌سازند.

واژه‌های کلیدی: انسو، بارش ایران، ارتباط .

درآمد:

نوسان جنوبی یکی از الگوهای بارز پیوند از دور است و به تغییر تعادلی فشار بین بخش حارّه‌ای اقیانوس آرام شرقی و منطقهٔ هند – استرالیا گفته می‌شود (گلانتز و دیگران، ۱۹۹۱: ۱۳۸). این پدیده ارتباط نزدیکی با النینیو دارد. در زمان وقوع النینیو نوسان جنوبی معکوس می‌شود. عموماً هنگامی که فشار فراز اقیانوس آرام بالاست فشار شرق اقیانوس هند پایین است و بر عکس. این وضعیت با اندازه گیری فشار سطح دریا در تاهیتی (در شرق) و داروین استرالیا (در غرب) و محاسبهٔ تفاضل آنها مشخص می‌شود. مقداری که از این طریق به‌دست می‌آید

شاخص نوسان جنوبی (SOI) یا شاخص تاهیتی - داروین نامیده می‌شود. مقادیر منفی این شاخص معرّف النینیو (رویداد گرم) است. انسو به زمانی گفته می‌شود که اوج نوسان جنوبی با النینیو همراه شود. در واقع النینیو و نوسان جنوبی غالباً با هم ولی به‌طور جداگانه رخ می‌دهند. مقادیر مثبت SOI معرّف لانینیا (رویداد سرد) است. لانینیا مکمّل النینیو است و معرّف حدّ دیگر چرخهٔ انسو است. در این رویداد دمای آبهای بخش حارّه‌ای اقیانوس آرام از حد متوسط پایینتر می‌رود و به‌طرف غرب جریان می‌یابد و بادهای تجاری هم به‌جای این که ضعیف‌تر شوند، قویتر می‌شوند. به‌دنبال هر لانینیا غالباً یک النینیو رخ می‌دهد ولی نه همیشه.

برای درک الگوهای هوای سیاره، انسو، اصطلاح بهتری است؛ زیرا حاکی از آن است که تغییر دمای آبهای سطح اقیانوس در سواحل غربی آمریکای جنوبی تنها بخشی از اندرکنشهای دو سویهٔ جو و اقیانوس و قاره‌هاست. اصطلاح نوسان جنوبی مؤلفه جوّی این رابطه را بیان می‌کند و النینیو معرّف مؤلفهٔ اقیانوسی آن است که شاخص‌ترین شکل آن دمای آبهای سطح اقیانوس است. انسو یک رویداد اقلیمی سیّاره‌ای است که با ناهنجاریهای اقلیمی گوناگونی پیوند دارد. البته حتی در سالهای بروز انسو هم همه ناهنجاریهای اقلیمی را نمی‌توان به انسو نسبت داد. در واقع شواهد آماری نشان می‌دهند که انسو حدّاکثر عامل ۵۰ درصد تغییرات سالانهٔ بارش آمریکای جنوبی و شرقی است (اگالو، ۱۹۹۴: ۱۸۰) ولی بیشتر ناهنجاریهای فرین مانند خشکسالیهای شدید، سیلاب و توفندها پیوندهای دور مستحکمی با انسو دارند. پیوند از دور به اندرکنشهای جوّی میان دو منطقهٔ بسیار دور از هم گفته می‌شود که به کمک تحلیلهای چند متغیّره تعریف می‌شود (گلانتز،۱۹۹۴: ۱۲۴). پژوهشگران زیادی کوشیده‌اند تا ارتباط میان انسو و لانینیا را با ناهنجاریهای هوای نقاط مختلف جهان بررسی کرده و وجود یا عدم وجود این پیوندها را مشخص کنند. شناخت این پیوندهای دور می‌تواند به پیش‌بینی خشکسالیها، سیلابها و طوفانهای حارّه‌ای (توفندها) کمک کند.

روپلوسکی و همکاران (۱۹۸۷: ۱۶۰۸) با مطالعهٔ رابطهٔ انسو و الگوهای دما و بارش آمریکای شمالی به این نتیجه رسیدند که در گریت بیسین غرب ایالات متحده بارشهای آوریل تا اکتبر طی سالهای انسو در ۸۱ درصد موارد بالاتر از متوسط بوده است. اثرات متقابل پدیدهٔ انسو و موسمی‌های شبه قاره هند و نقش فازهای سرد و گرم انسو در شدت و تاریخ شروع موسمی‌ها به وسیلهٔ پژوهشگران متعددی بررسی شده است (وبستر، ۱۹۹۱: ۸۹۰) در روسیه و سیبری رابطهٔ بین فازهای مختلف انسو با فراوانی وقوع و عبور فروبارهای اطلس شمالی و یا

مدیترانه و نقش آنها در پوشش برف روسیه و سیبری، مورد مطالعه و تأیید قرار گرفته است (کرنکه، ۱۹۹۸: ۳۸).

هاگتون و همکاران(۲۰۰۱: ۵۰) نشان داده اند که فراوانی و شدّت انسو از سال ۱۹۷۰به این طرف افزایش یافته است. به نظر می‌رسد گرمایش جهانی در تشدید انسو بی‌تأثیر نبوده است (ترنبرث و هووار، ۱۹۹۷: ۳۰۵۸). از سوی دیگر همچنان‌که انسو می‌تواند متأثر از وضع جهانی اقلیم باشد، الگوهای بارش و دمای نقاط مختلف جهان نیز از انسو متأثر می‌شوند (ویلس و گودی، ۲۰۰۳: ۱۰۸). تعداد سیکلونها در فازهای النینیو و لانینیا تفاوت معناداری را نشان می‌دهد (بووه و همکاران،۱۹۹۸: ۲۴۷۷). فراوانی توفانهای حارّه ای نیز با انسو ارتباط دارد و با تقویت انسو در اواخر قرن بیستم تعداد آنها افزایش یافته است (سالینگر و همکاران، ۲۰۰۱: ۱۷۱۰). افزایش بارش در فاز گرم انسو (النینیو) با افزایش رواناب و بروز سیلابهای بزرگ همراه می‌شود (ارتلییب و ماکاره، ۱۹۹۵: ۱۹۲).

بررسی همبستگی بارش و خشکسالیهای ایران با شاخص SOI، همبستگی منفی و معنی داری را طیّ فصل پاییز در بسیاری از نقاط کشور نشان می‌دهد . این بررسی بروز خشکسالیهای پاییزه را در فازهای مثبت انسو (لانینیا) و بروز بارشهای سنگین را طی فازهای منفی (النینیو) تأیید می‌کند (ناظم السادات، ۱۹۹۹: ۱۷). خسروی (۱۳۸۰: ۱۵) تأثیر پدیدۀ انسو بر نابهنجاریهای بارش تابستانی و پاییزی منطقۀ جنوب شرقی ایران را بررسی کرده و همبستگی خشکسالیهای پاییزه را با فاز سرد انسو نشان داده است.

داده‌ها و روش شناسی

در مطالعاتی که پیش‌از این پژوهشگران برای آشکارسازی پیوند میان انسو و بارش ایران انجام داده اند یا از شاخص SOI استفاده شده که تنها نماینده نوسان جنوبی است و مؤلفۀ اقیانوسی انسو یعنی النینیو و لانینیا در آن دیده نشده و یا الگوهای همبستگی روی ایستگاهها پیاده شده که به همین دلیل نتایج این مطالعات از انتساب مکانی زیادی برخوردار نیست. به بیان دیگر با اطمینان نمی‌توان وجود ارتباط میان بارش تعدادی ایستگاه را حاکی از ارتباط بارش یک منطقه با انسو دانست. بر این اساس در این بررسی برای شناخت پیوند میان انسو و بارش ایران دو نکته در نظر گرفته شده است؛ یکی این‌که با توجه به این واقعیت که انسو پدیده‌ای جوّی – اقیانوسی است تعریف آن باید بر پایۀ مشخصه‌های جوّی و اقیانوسی انجام گیرد. ولتر (۲۰۰۰: ۱۸) شاخص چند متغیّره‌ای برای انسو پیشنهاد کرده است که به اختصار MEI نامیده می‌شود. این شاخص بر حسب مشخصه‌های

جوی و اقیانوسی بخش حارّه‌ای اقیانوس آرام سنجیده می‌شود که عبارت‌اند از میانگین وزنی مشخصات اصلی انسو یعنی فشار سطح دریا، مؤلفه‌های شرقی غربی و شمالی جنوبی باد سطحی، دمای سطح اقیانوس، دمای هوای سطحی و مقدار کل ابرناکی. مقادیر مثبت این شاخص نمایانگر فاز گرم انسو (النینیو) است. تازه ترین آگاهیها در بارهٔ این شاخص و دستیابی به سری زمانی آن از طریق تارنمای NOAA امکانپذیر است.

در این بررسی سری زمانی این شاخص از ژانویه ۱۹۵۱ تا دسامبر ۱۹۹۹ نماینده انسو در نظر گرفته شده است. دوم این که به‌جای شناسایی رابطهٔ میان بارش ایستگاهها با شاخص انسو نخست نقشه‌های همبارش ایران در فاصلهٔ ژانویه ۱۹۵۱ تا دسامبر ۱۹۹۹ با تفکیک مکانی ۱۵*۱۵ کیلومتر ترسیم گردید. به این ترتیب برای هر ماه مقدار بارش روی ۷۱۰۴ یاخته برآورد شد. سپس آزمون معنا داری همبستگی میان مقدار بارش روی هر یک از گره‌ها برای هر ماه به‌طور جداگانه با سری زمانی شاخص انسو در همان ماه بررسی شد. به این ترتیب گره‌ها در سه گروه قرار گرفتند. گره‌هایی که با اطمینان ۹۵ درصد رابطهٔ معناداری با انسو ندارند، گره‌هایی که رابطهٔ مستقیم دارند و گره‌هایی که رابطهٔ معکوس دارند. بر این اساس نقشه‌های رابطهٔ انسو با بارش ایران برای هر ماه ترسیم شد و تحلیلهای آماری لازم روی آنها انجام شد.

همین بررسی با تأخیرهای زمانی یک، دو و سه ماهه هم انجام شد که در این مقاله نتایج آن طرح نشده است. از نظر الگوی مکانی، تفاوت چندانی میان تأخیرهای صفر، یک و دو ماهه دیده نمی‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

چنانکه نقشه‌های پیوند انسو با بارش ایران نشان می‌دهد، در شش ماه از سال برخی از نقاط ایران با همبستگی متفاوت با انسو پیوند دارند(نقشهٔ ۱ و ۲). به بیان دیگر بارش ایران تنها در برخی نقاط و تنها در برخی از ماهها با انسو پیوند دارد. این ماهها به ترتیب وسعت مناطق دارای پیوند با انسو عبارت‌اند از: اکتبر، نوامبر، ژوئن، مِی، دسامبر و مارس (جدول ۱). بررسی مقدار ضریب تعیین (درصدی از تغییرات بارش که با تغییرات انسو تبیین می‌شود) در این ماهها آشکار می‌سازد که اثر انسو بر بارش ایران عمدتاً در ماههای ژوئن، اکتبر و نوامبر دیده می‌شود (نقشهٔ ۳). با توجه به آرایش مکانی مناطق مرتبط با انسو در این ماهها از یک سو و زمان برقراری ارتباط از سوی دیگر به نظر می‌رسد اولاً اثر انسو بر بارش ایران به‌صورت غیر مستقیم و از راه اثرگذاری بر سیستمهایی انجام می‌پذیرد که بارش کشور را تأمین می کنند و از سوی دیگر نوع تأثیر انسو بر بارش ایران در ماه ژوئن با اکتبر و

نوامبر متفاوت است. ظاهراً در ماههای اکتبر و نوامبر ارتباط بارش ایران با انسو از راه پیوندی است که انسو با موسمی‌های هند دارد و ماسانوری و همکاران (۲۰۰۲: ۱۵۳۲) آن‌را گزارش کرده اند، برقرار می‌شود. نکتهٔ دیگری که از بررسی این نقشه‌ها آشکار می‌شود، آن است که اساساً ارتباط میان انسو و بارش ایران مستقیم است. این بدان معناست که فازهای مثبت شاخص انسو، که نمایندهٔ فاز گرم است، با افزایش بارش و فازهای منفی با کاهش بارش در ایران همراه است. از آنجا که اساساً بارش پاییزه مناطق شرقی کشور متأثر از انسو است، بررسی ارتباط سه سویه میان انسو، موسمی‌های هند و بارشهای پاییزهٔ شرق ایران ارزشمند است.

شدّت پاسخ بارش به تغییرات انسو در ماه اکتبر که مناطق گسترده‌تری از ایران با انسو ارتباط نشان می‌دهد بیشتر است. در این ماه برخی نقاط به ازای هر واحد افزایش شاخص انسو تا ۶۰ میلی‌متر افزایش بارش نشان می‌دهند، اما مقدار میانگین پاسخ بارش ماه اکتبر به انسو ۶/۳ میلی‌متر به ازای هر واحد افزایش شاخص انسو است (جدول ۲). به‌طور متوسط ۲۵ درصد تغییرات بارش اکتبر در ایران با تغییرات انسو تبیین می‌شود و در نقاطی که قویترین پیوند را با انسو دارند بیش از ۴۴ درصد تغییرات بارش را نمی‌توان با تغییرات انسو تبیین کرد (جدول ۳). در ماه ژوئن ارتباط بارش با انسو در شمالشرق کشور قویتر است و حد اکثر تا ۳۲ درصد تغییرات بارش با انسو تبیین پذیراست(جدول۳). در اکتبر و نوامبر قویترین ارتباط در جنوبشرق دیده می‌شود (نقشه ۳).

نتیجه آن‌که بررسی پیوند میان انسو با بارشهای ایران در نیم سدهٔ گذشته نشان می‌دهد که بارش ایران در ماههای اکتبر، نوامبر و ژوئن با انسو پیوند دارد. این پیوند به‌صورت غیر مستقیم بین بارش ایران و انسو برقرار می‌شود. در ماههای اکتبر و نوامبر ماهیت این ارتباط با ماه ژوئن متفاوت است. تغییرات انسو به ترتیب ۲۵، ۱۶ و ۱۵ درصد تغییرات بارش مناطق شرقی ایران را تبیین می کنند.

جدول(۱) درصد مساحت قلمروهای سه گانه رابطه بارش ایران با انسو

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
معکوس	۰/۰	۰/۶	۰/۱	۱/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۵	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
بی‌رابطه	۹۹/۸	۹۹/۴	۹۶/۹	۹۷/۷	۸۲/۶	۷۰/۶	۹۹/۴	۹۹/۹	۹۹/۴	۳/۵	۴۹/۸	۹۴/۴
مستقیم	۰/۲	۰/۰	۳/۰	۰/۰	۱۷/۴	۲۹/۴	۰/۱	۰/۱	۰/۶	۹۶/۵	۵۰/۲	۵/۶

مأخذ: محاسبات نگارنده روی نقشه‌های رابطهٔ انسو با بارش ماهانه ایران (مهرماه ۱۳۸۲)

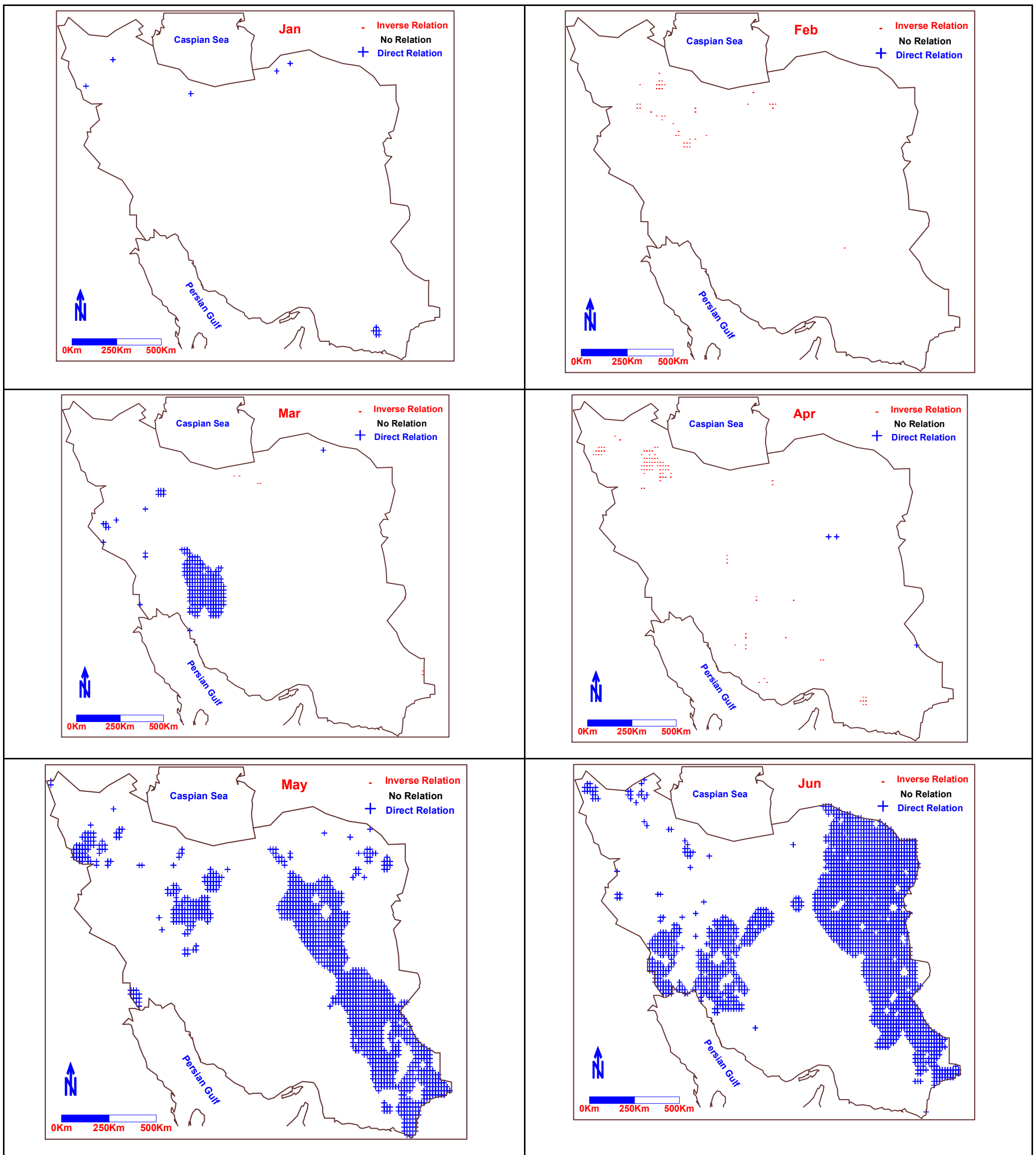
جدول(۲) ضریب پاسخ بارش ایران به انسو در مناطقی که ارتباط مستقیم دیده می‌شود

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
کمینه	۵/۴	–	۵/۰	–	۱/۳	۰/۱	۰/۸	۰/۳	۰/۲	۱/۰	۱/۴	۳/۷
بیشینه	۱۰/۴	–	۳۱/۲	–	۱۸/۶	۷/۸	۵/۷	۲/۶	۳۳/۵	۶۰/۱	۲۸/۷	۱۹/۷
میانگین	۷/۸	–	۱۳/۳	–	۳/۹	۱/۵	۲/۳	۱/۲	۱/۴	۶/۳	۵/۵	۵/۵

جدول (۳) ضریب تعیین بارش ایران با انسو در مناطقی که ارتباط مستقیم دیده می‌شود

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
کمینه	۰/۰۹	–	۰/۰۹	–	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹
بیشینه	۰/۱۲	–	۰/۱۸	–	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۴۴	۰/۲۹	۰/۱۶
میانگین	۰/۱۰	–	۰/۱۲	–	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۲۵	۰/۱۶	۰/۱۰

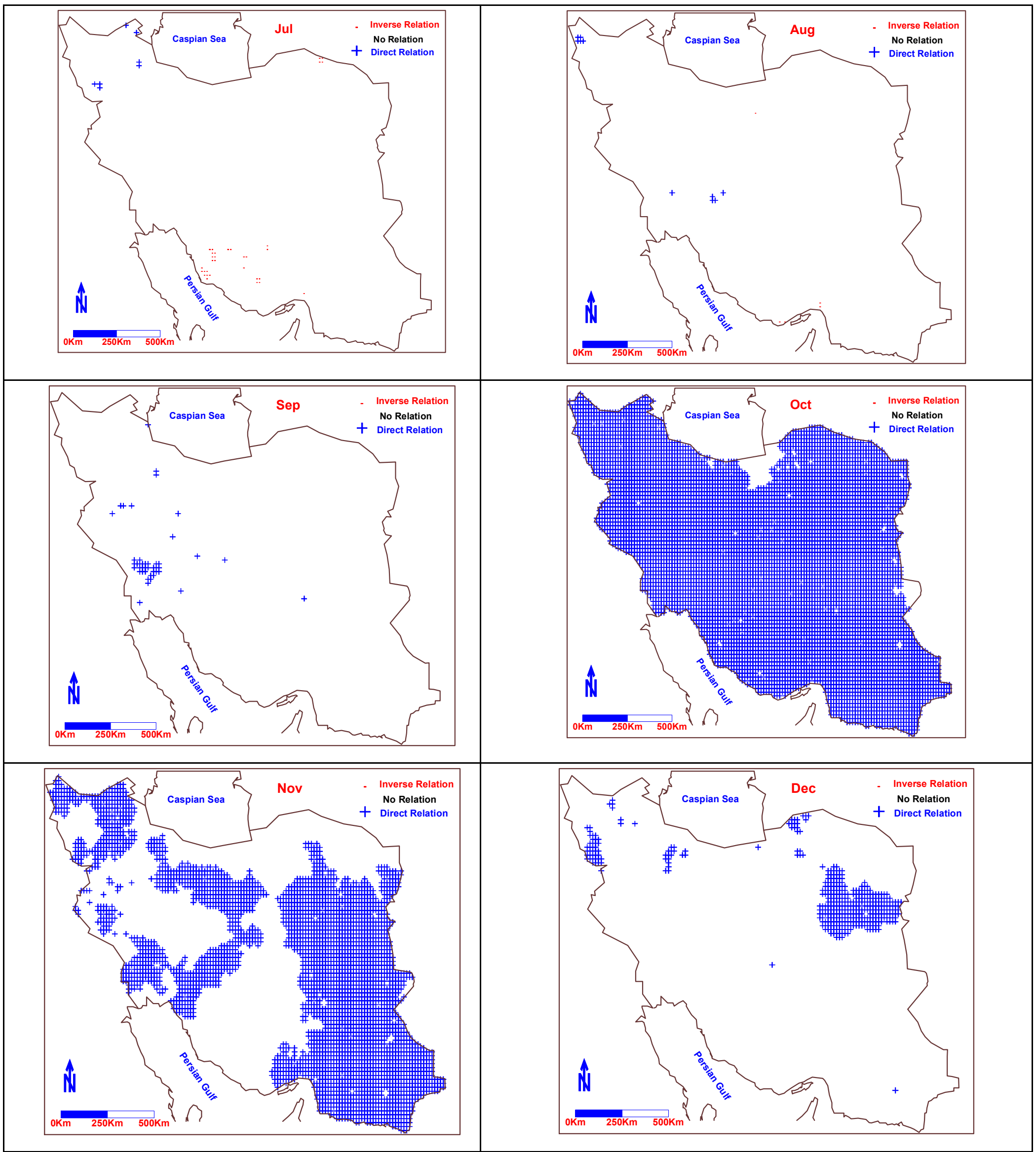
نقشه (۱) پیوند انسو با بارش ایران شش ماهه اول



+ رابطه مستقیم – رابطه معکوس

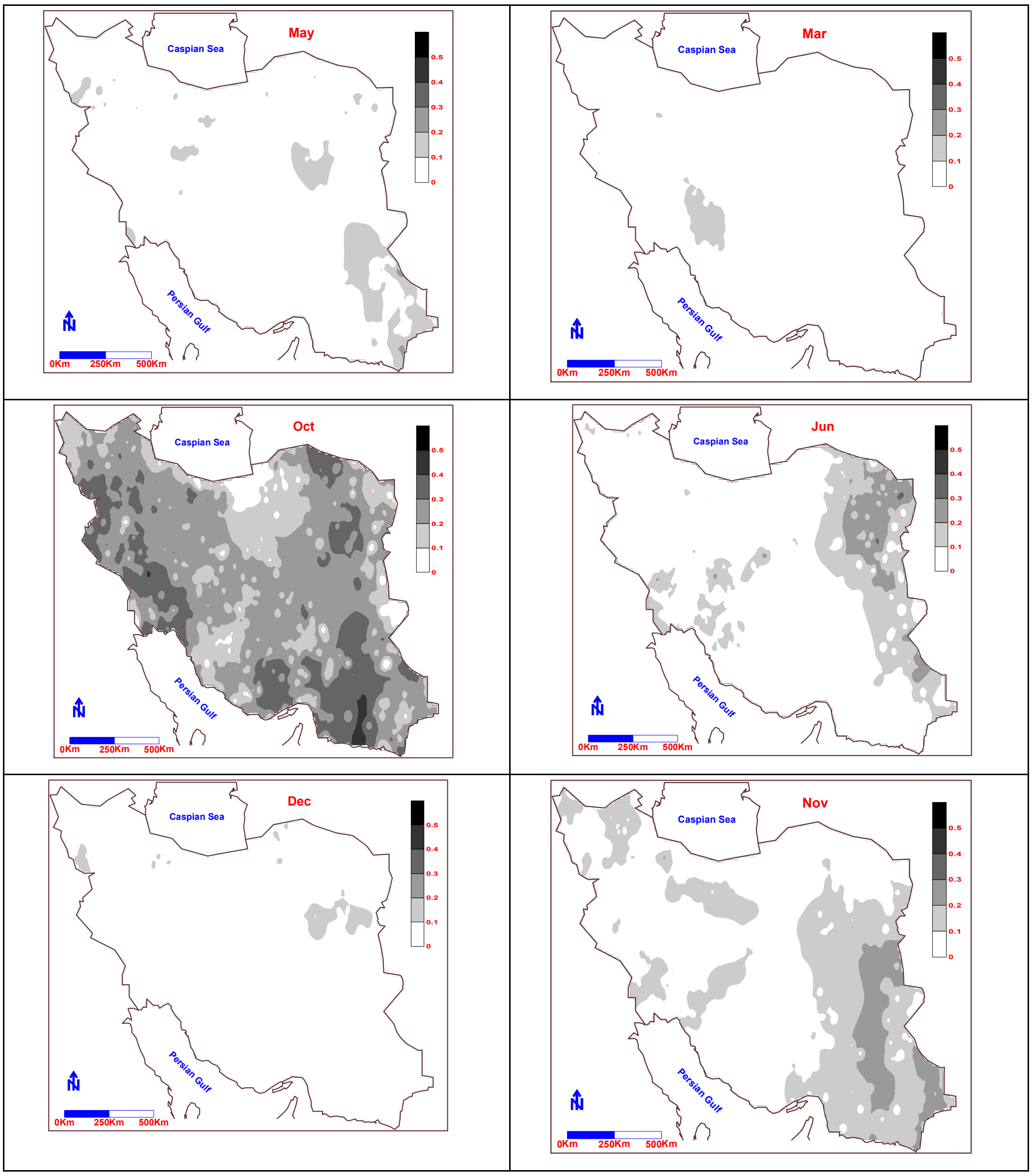
(روابط در سطح ۹۵ درصد معنادارند)

نقشه (۲) پیوند انسو با بارش ایران شش ماهه دوم



+ رابطه مستقیم – رابطه معکوس (روابط در سطح ۹۵ درصد معنادارند)

نقشه(۳) ضریب تعیین تأثیر انسو بر بارش ایران



فهرست منابع و مآخذ

۱- خسروی. محمود، ۱۳۸۰، *تأثیر پدیدهٔ انسو بر نابهنجاریهای بارش تابستانی و پاییزی منطقهٔ جنوب شرقی ایران*، پایان نامهٔ دکتری، دانشگاه اصفهان

۲- مسعودیان. سیدابوالفضل، ۱۳۷۹، *بررسی تغییرات توزیع فراوانی بارش روزانه در حوضهٔ کارون*، مجلهٔ دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه اصفهان ، شمارهٔ ۲۳-۲۲.

3- Bove, M.C., Elsner, J.B., Landsea, C.W., Niu, X., O'Brien, J.J., (1998), Effect of El Nino on US landfalling hurricanes, revisited. Bulletin of the American Meteorological Society 79, 2477–2482.

4- Glantz. M, 1994, *Usable Science: Food Security, Early Warning, and El Niño*. Proceedings of the Workshop on ENSO/FEWS, Budapest, Hungary, October 1993, UNEP and NCAR

5- Glantz, M.; R. Katz, and N. Nicholls, 1991, *Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies,* Cambridge University Press, Cambridge

6- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden,P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C.A. (Eds.), 2001, Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

7- Krenke, A kitaev, I.M, 1998, Impact of ENSO on snow cover in the former soviet union, Gewex, WCRP News, Nov 1998, pp 31-45

8- Masanori Konda, Norihisa Imasato, Akira Shibata, 2002, Interannual variability of the sea-surface temperature in the Indian Ocean in response to the air–sea turbulent heat exchange, Deep-Sea Research II 49, pp 1527–1548

9- Nazemosadat, M. J, 1999, ENSO Impact on the Occurrence of Autumnal Drought in Iran, Drought Network News, Vol. 11 No 2, May 1999, pp 17-18

10- Ogallo, L.A, 1994, Validity of the ENSO-Related Impacts in Eastern and Southern Africa. *In Usable Science: Food Security, Early Warning, and El Niño*, pp. 179-184. UNEP (Nairobi) and NCAR (Boulder,CO).

11- Ortlieb, L., Machare, J, 1993, Former El Nino events: records from western South America. Global and Planetary Change 7, 181–202.

12- Ropelewski C.F., and M.S. Halpert, 1987, Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño-Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115:1606-26.

13- Salinger, M.J., Renwick, J.A., Mullan, A.B, 2001, Interdecadal Pacific Oscillation and South Pacific climate. International Journal of Climatology 21, 1705– 1721.

14- Trenberth, K.E., Hoar, T.J, 1997, El Nino and climate change.Geophysical Research Letters 24, 3057– 3060.

15- Viles, H.A. and A.S. Goudie, 2003, Interannual, decadal and multidecadal scale climatic variability and geomorphology, Earth-Science Reviews 61, 105–131

16- Webster, p.j; Yange,S, 1992, Monsoon and Enso – Selectively intractive system – Quaternery Journal , Royal Meteorological Society ,No. 118 , pp 880-901

17- Wolter, H, 2000, Multivariate ENSO index, posted at the climate diagnostics center web pages http://www.cdc.noaa.gov/%Ekew/MEI